



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

MAZIVA PRO TVÁŘENÍ PLECHU

LUBRICANTS FOR METAL SHEET FORMING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ondřej Buchta

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Štroner, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Ondřej Buchta**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Marek Štroner, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Maziva pro tváření plechu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracování problematiky tření v oblasti tváření plechů a vytvoření přehledu vhodných maziv pro plošné tváření.

Cíle bakalářské práce:

1. Zpracování problematiky tření v oblasti tváření plechů.
2. Požadované charakteristiky vhodných maziv.
3. Vypracování přehledu užívaných maziv vybraných firem pro tváření plechů.
4. Zhodnocení získaných informací, vlastní závěry.

Seznam doporučené literatury:

ALTAN, Taylan a Tekkaya A. ERMAN. Sheet metal forming: fundamentals. Materials Park, OH: ASM International, 2012. 267 p. ISBN 978-161-5038-428.

Katalogy průmyslových maziv a časopisecká studie MM Průmyslové spektrum (2005-2016).

DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. Technologie tváření. Plošné a objemové tváření. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. 169 s. ISBN 978-80-214-4747-9.

SCHREK, Alexander. Progresívne technológie tvárnenia. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 2014. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-4204-7.

BAČA, Jozef, Jozef BÍLIK a Viktor TITTEL. Technológia tvárnenia. Bratislava: Edícia vysokoškolských učebníc, 2010. 245 s. ISBN 978-80-227-3242-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

BUCHTA Ondřej: Maziva pro tváření plechů.

Tato bakalářská práce se zabývá mazivy vhodnými ke tváření plechů. V práci je popsána problematika tření při procesu tváření, dále je zpracováno rozdělení maziv dle jejich typů a je uvedena jejich charakteristika. V práci je zpracován informativní přehled vybraných maziv dostupných na trhu vhodných pro tváření plechů.

Klíčová slova: Tváření plechů, mazivo, tření

ABSTRACT

BUCHTA Ondřej: Lubricants for sheet metal forming.

The subject of interest of this bachelor thesis is lubricants for sheet metal forming. The issues of friction are described in the thesis. The thesis presents an overview of the types of lubricants and their properties. An informative survey of selected available lubricants which are suitable for sheet metal

Keywords: Sheet metal forming, lubricants, friction

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BUCHTA, Ondřej. *Maziva pro tváření plechů*. Brno, 2018. 28s, CD. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie, Odbor technologie tváření. Vedoucí práce Ing. Marek Štroner, PhD.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 21.5.2018

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Markovi Štronerovi, PhD. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce.

OBSAH

ÚVOD.....	10
1 TECHNOLOGIE PLOŠNÉHO TVÁŘENÍ	11
1.1 TAŽENÍ	11
1.2 OHÝBÁNÍ	12
1.3 KOVOTLAČENÍ	13
2 PROBLEMATIKA TŘENÍ	14
2.1 SUCHÉ TŘENÍ	14
2.2 KAPALINOVÉ TŘENÍ	14
2.3 MEZNÉ TŘENÍ	15
2.4 SMÍŠENÉ TŘENÍ	15
2.5 VÝZNAM TŘENÍ PŘI TVÁŘECÍCH PROCESECH.....	16
3 MAZIVA	17
3.1 POŽADOVANÉ VLASTNOSTI MAZIV	17
3.1.1 Viskozita	17
3.1.2 Mazivost a mazací schopnost	18
3.2 ROZDĚLENÍ MAZIV	19
3.2.1 Kapalná maziva.....	19
3.2.2 Pevná maziva	19
3.2.3 Plastická maziva	19
3.2.4 Mazací oleje	20
4 PŘEHLED VYBRANÝCH MAZIV DOSTUPNÝCH NA TRHU	23
5 ZÁVĚRY	28

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam obrázků

ÚVOD

Tváření plechů patří mezi nejrozšířenější způsoby výroby součástí a polotovarů pro další výrobní operace. Způsob zpracovávání plechů se nazývá plošné tváření a jeho základními operacemi jsou technologie tažení, ohýbání a kovotlačení.

V samotné výrobě je vyžadován co možná nejvíce ekonomický postup. Vlivem tření dochází ke ztrátám mechanické energie a k opotřebení tvářecích nástrojů, což nevyhnutelně vede k navýšení výrobních nákladů. Těmto nežádoucím jevům lze zabránit díky vhodné volbě maziva.

Hlavním úkolem maziva je snižovat tření mezi stýkajícími se tělesy, vhodnost maziva je však dána řadou dalších faktorů, jako je například antikoroze ochrana součásti, snadná odstranitelnost z mazaného povrchu, teplotní stálost či ekologická nezávadnost. Významným faktorem je rovněž druh materiálu, na který je mazivo aplikováno. Obecně platí, že vhodně zvolené mazivo musí mít takové vlastnosti, aby dokázalo za daných pracovních podmínek při dané výrobní operaci optimálně splnit svoji požadovanou funkci. Z tohoto důvodu je na trhu dostupné značné množství maziv, u kterých výrobci uvádějí svá doporučení z hlediska vhodnosti použití při daných výrobních operacích.

1 TECHNOLOGIE PLOŠNÉHO TVÁŘENÍ [1, 3]

Plošným tvářením se rozumí tvářecí proces, během kterého nedochází k výraznější změně průřezu výchozího polotovaru. Jako polotovary se při plošném tváření používají ve většině případů plechy, při ohýbání se v některých případech používá materiál tyčový.

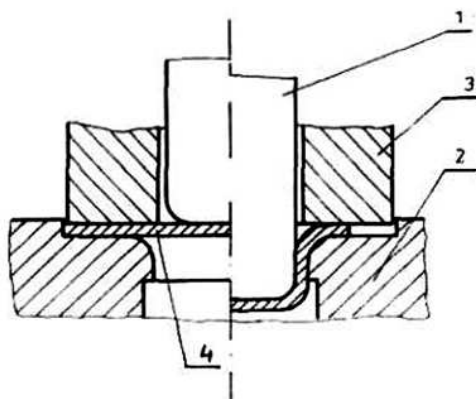
Mezi základní technologické procesy plošného tváření se řadí tažení, ohýbání včetně rovnání, lemování a zakružování, a technologie výroby dutých součástí kovotlačitelským způsobem.

1.1 Tažení [1, 2, 3, 5]

Tažení je technologický proces, během něž se z rovinného polotovaru (přístříhu) vyrobí v průběhu jedné nebo více operací konečný dutý výrobek – výtažek. Při procesu tažení je využíváno tažníku pro vytvarování přístříhu tokem materiálu mezi tažníkem a tažnicí. Tažením lze vyrábět duté výtažky typu rotačních těles (válcové, kuželové, kulovité a další, s přírubou či bez ní), dále pravoúhlých těles (obvykle čtvercové či obdélníkové) či všeobecných tvarů (použití pro části karoserií, letadel apod.).

Technologií tažení je možné vyrábět konečné produkty za použití minimálního množství operací a za vzniku minimálního množství odpadu. Touto technologií lze také poměrně jednoduše vyrobit součásti s vysokou pevností při zachování nízké hmotnosti.

Proces tažení může být rozdělen na tažení bez ztenčení stěny a tažení se ztenčením stěny výsledného výtažku, případně na tažení jednooperační a víceoperační podle složitosti vyráběné součásti. Bližší rozdělení a specifikace procesů tažení uvádí norma ČSN 22 6001.



Obr. 1 Schéma tažení plechu s přidržovačem [2]
1 – tažník; 2 – tažnice ; 3 – přidržovač; 4 - polotovar

Tažení bez ztenčení stěny, někdy též prosté tažení, je tvářecí proces, při kterém je výchozí polotovar (přístříh) přetvářen na duté těleso, aniž by došlo k podstatné změně tloušťky materiálu. Rozlišuje se tažení bez použití přidržovače (pro plytké výtažky) a s použitím přidržovače (hluboké tažení).

Tažení se ztenčením stěny se obvykle používá při druhém a následujících tazích. Jako polotovar se může použít výtažek vyrobený prostým tažením. Při tažení se ztenčením stěny dochází ke značné změně tloušťky materiálu, avšak vnitřní průměr výtažku se téměř nemění.

Tato operace se nejčastěji využívá k výrobě výtažků rotačního tvaru, u kterých je požadována větší tloušťka dna než tloušťka stěny.

Mezi další operace technologie tažení patří:

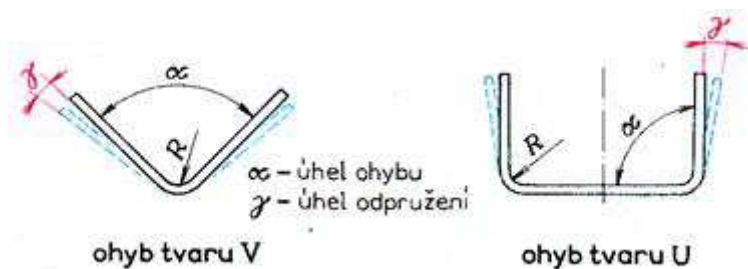
- *zpětné tažení* – vykonává se jako druhá operace v obráceném směru proti původnímu směru tažení, lze jím vyrábět kulovité či eliptické výtažky
- *rozšiřování a zužování* – zvětšování, respektive zmenšování části obvodu dříve vyrobeného výtažku
- *žlábkování* – tvorba mělkých prolisů za účelem zvýšení tuhosti výtažku
- *tažení nepevným prostředím* – jedná se o metody, při kterých je tažník či tažnice nahrazena nepevným prostředím – pryží či vodou. Jako příklady lze uvést metody Guerin, Marform, či Hydroform

Použití maziv má velký význam právě u technologie tažení. Mazivo zde musí být schopno vytvářet dostatečnou, rovnoměrnou, nevysychající vrstvu a musí být schopné odolat značným tlakům a dobře přilnout k povrchu výtažku.

1.2 Ohýbání [1, 2, 3, 6, 7]

Ohýbání je technologický proces tváření, při kterém vlivem působení ohybového momentu dochází k trvalé změně tvaru polotovaru. Jako polotovary slouží plechy, tyče či dráty. Materiál je možné buď ohýbat, nebo rovnat. Ohýbání se zpravidla provádí za studena za použití nástrojů a strojů určených k ohýbání. Ohýbání za tepla se provádí u tvrdých a křehkých materiálů

Při ohýbacím procesu dochází k pružně-plastické deformaci materiálu, průřez se nemění. Vlivem výskytu pružné deformace dochází po odlehčení ohýbaného materiálu ke změně tvaru; ohýbaný dílec pak svými rozměry neodpovídá rozměrům nástroje. Tento jev se nazývá odpružení a je nezbytné věnovat mu zvýšenou pozornost



Obr. 2 Schéma ohybu do tvaru U a V [7]

Základními operacemi technologie ohýbání je ohyb do tvaru U a V. Při těchto jednoduchých operacích je rovinný polotovar ohýbán do požadovaného tvaru vytvářením oblých hran s určitým poloměrem ohybu

Vedle prostého ohýbání do tvaru U a V se mezi technologie ohýbání řadí:

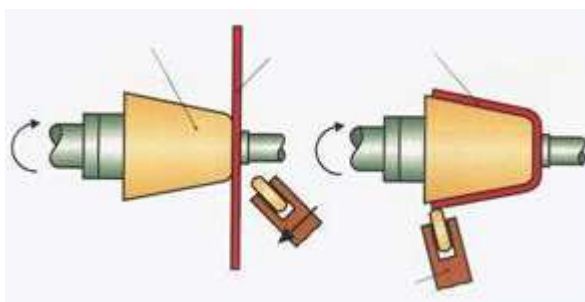
- *ohraňování* – v zásadě ohýbání do tvaru U a V, prováděné na speciálních ohraňovacích lisech umožňujících tvarování hran o délce několika metrů

- *zakružování* – tváření rovinného polotovaru (přístřihu) do válcového či kuželového tvaru, prováděné na zakružovačkách
- *rovnání* – odstraňování nežádoucí deformace za účelem dosažení požadované rovinnosti
- *lemování* - ohýbání okraje rovinné či prostorové plochy s cílem zaoblit ostré hrany, zpevnit okraje a také docílit ozdobného vzhledu

1.3 Kovotlačení [2, 23]

Kovotlačení, někdy též označované jako rotační tlačení či kroužlení, je proces, kdy je rotující polotovaru postupně tvářen tlačným nástrojem do podoby osově symetrického výlisku. Polotovaru je přitlačován pomocí tlačného nástroje či tlačné kladky k tvárnici, která je upnutá k vřetenu stroje a rotuje spolu s polotovarem. Tvar výlisku je dán tvarem tvárnice, tvarovat je možné na jednu či více operací.

Tuto technologii lze využít zejména pro výrobu dílců, jejichž výroba metodou hlubokého tažení by kvůli tvarovým složitostem byla obtížná. Výlisky vyrobené technologií kovotlačení jsou svou kvalitou srovnatelné s výrobky vyrobenými klasickým tažením.



Obr. 3 Princip kovotlačení [23]

2 PROBLEMATIKA TŘENÍ [9, 10, 11, 12]

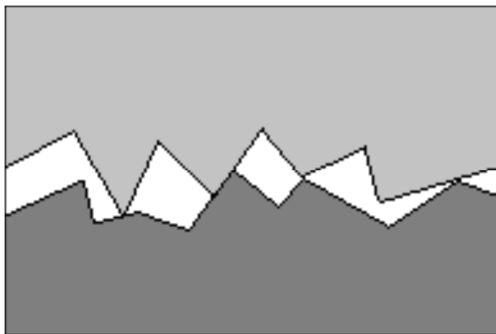
Při styku dvou těles nevyhnutelně dochází ke tření. Tření můžeme definovat jako odpor proti relativnímu pohybu dvou těles ve styku, v tečném směru k nim. Hlavními projevy tření jsou ztráta mechanické energie a opotřebování materiálu. Ačkoliv v některých případech může být tření prospěšné (jako například u válcování, kde za pomoci tření dochází k přenosu sil a tím k válcování materiálu), obvykle je záměrem snížit tření na co nejmenší hodnotu, tak aby docházelo k co nejmenším ztrátám energie a opotřebením materiálu.

Z hlediska relativního pohybu dotýkajících se těles lze tření rozdělit na smykové a valivé. Smykové tření vzniká při klouzavém pohybu těles, k valivému tření dochází při odvalování.

Z hlediska přítomnosti maziva či jiných látek mezi styčnými plochami těles můžeme rozlišovat mezi dvěma hlavními typy tření: suchým třením (při styku tuhých těles) a tekutinovým třením (kapalinové či plynné tření). V technické praxi se tyto typy tření zřídka vyskytují odděleně, nejčastěji dochází k jejich kombinaci.

2.1 Suché tření [9, 10, 11, 12]

Suché tření nastává při přímém styku povrchů bez použití maziva. Při přímém styku materiálů vznikají síly, které brání jejich pohybu. Tyto síly jsou deformačního a adhezního charakteru a jsou ovlivňovány vlastnostmi povrchů, jako jsou velikost a geometrie povrchu a jeho mechanické a chemické vlastnosti. Síly deformačního charakteru se projevují vylamováním, ustříháváním a deformací výčnělků na povrchu materiálu. Projevy adhezního charakteru nastávají při dostatečně velkém přiblížení výčnělků, kdy působením mezimolekulárních sil vzniknou na povrchu těchto výčnělků studené svary.



Obr. 4 Princip suchého tření mezi pevnými tělesy [12]

2.2 Kapalinové tření [9, 10, 11, 12]

Ke kapalinovému tření dochází tehdy, když jsou třecí plochy dokonale odděleny dostatečnou vrstvou maziva tak, že nedochází k jejich vzájemnému kontaktu. Mazací vrstva tedy úplně zabraňuje kontaktu výčnělků na povrchu třecích ploch a třecí síla je tudíž závislá pouze na vnitřním tření v mazací vrstvě. Tuto závislost je možné vyjádřit rovnicí: $F_t =$

$$\eta \frac{S_m \cdot v}{h_m}$$

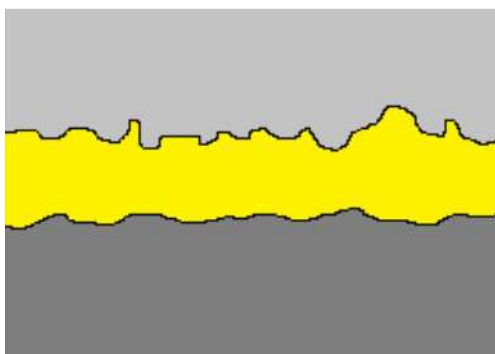
přičemž η dynamická viskozita [$\text{N} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-2}$];

S_m styčná plocha třecích povrchů [m^2];
 v rychlost pohybu třecích povrchů [$m \cdot s^{-1}$];
 h_m tloušťka mazací vrstvy [m]

Následně můžeme vyjádřit rovnici pro součinitel kapalinového tření:

$$\mu_k = \frac{\eta \cdot v}{h_m \cdot p}$$

přičemž p střední měrný tlak [MPa], vypočítá se jako $\frac{F_n}{S_n}$, přičemž S_n je průmět kluzné plochy a F_n síla kolmá na tuto plochu.

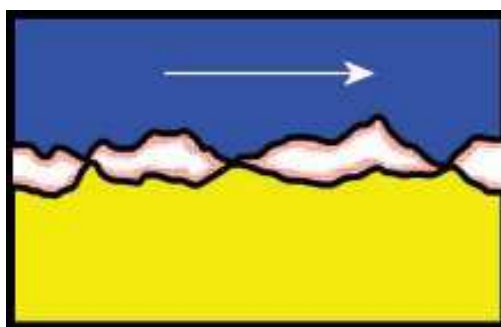


Obr. 5 Princip kapalinového tření [12]

2.3 Mezné tření [9, 10, 11, 12]

K meznému tření dochází v případě, kdy je mezi stykovými plochami přítomná tenká vrstva (film) maziva. Tento film o tloušťce $\approx 1 \mu m$ není schopen dostatečně dobře zabránit kontaktu mezi vystupujícími povrchovými nerovnostmi, mezi kterými dochází ke kovovému styku. Tenká mazací vrstva však zabraňuje přímému kontaktu třecích ploch a snižuje riziko vzniku svarů mezi vystupujícími nerovnostmi.

V praxi k tomuto typu tření dochází v případě velkého tlakového zatížení třecích ploch, malých smykových rychlostí a u povrchů s velkou drsností.



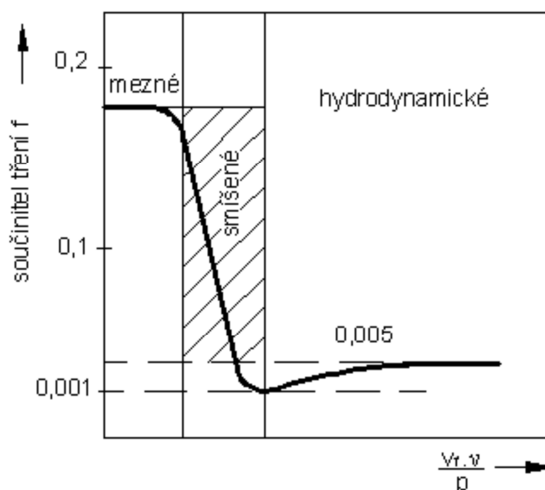
Obr. 6 Princip mezného tření [11]

2.4 Smíšené tření [9, 10, 11, 12]

Smíšené tření je kombinací kapalinového a mezného tření, kdy za přítomnosti vrstvy maziva místy dochází ke kontaktům povrchových nerovností. Mazací vrstva tedy nemá

dostatečnou tloušťku, aby umožňovala kapalinové tření, zároveň je však její tloušťka vyšší než v případě mezního tření. Jedná se o nejobvyklejší typ tření při všech technologiích tváření.

Hodnota součinitele tření se může pohybovat v poměrně značném rozsahu, jak také vyplývá ze Striebeckova diagramu (obrázek 7). Ke smíšenému tření dochází především za velkého tlakového zatížení a malé smykové rychlosti stykových ploch, ovlivněno je též viskozitou použitého maziva.



Obr. 7 Striebeckův diagram [10]; osa x – podíl kluzné rychlosti v_r násobené koeficientem dynamické viskozity ν ku měrnému tlaku p mezi styčnými plochami; osa y – součinitel tření

2.5 Význam tření při tvářecích procesech [9, 12]

Nejzásadnějším projevem tření při procesech tváření je nárůst tvářecí práce, tedy mechanické energie, potřebné pro změnu tvaru výchozího polotovaru. Jako další vliv lze uvést opotřebení tvářecího nástroje. Tyto skutečnosti nevyhnutelně vedou ke zvýšení výsledných výrobních nákladů. Tření v procesech tváření je možné popsat dvěma činiteli, pasivním a aktivním.

Pasivní činitel způsobuje zpomalení rychlosti plastické deformace, má tedy za následek nárůst potřebné tvářecí síly a vyšší opotřebení tvářecího nástroje. Aktivní činitel se podílí na uskutečnění určitých technologických procesů, příkladem může být válcování nebo funkce přidržovače u hlubokého tažení.

Znalost hodnoty tření při dané tvářecí operaci je nezbytná pro další technologické výpočty či simulace. Hodnota tření a vhodnost maziva pro konkrétní tvářecí proces se posuzuje prostřednictvím zkoušek. Velikost tření ovlivňují zejména následující veličiny:

- *veličiny operace tváření*: hodnota a rozložení normálových napětí, relativní rychlost, změna teploty a povrchu v průběhu operace
- *veličiny materiálu*: zásadními parametry jsou struktura a chemické složení materiálu, které mají vliv na tvrdost a tvárnost daného materiálu
- *veličiny maziva*: viskozita maziva, schopnost přilnout k povrchu materiálu, teplotní a tlaková odolnost, chemická stálost a reaktivita

3 MAZIVA [1, 9, 10, 11, 12]

Používání maziv je důležitou součástí procesů tváření, neboť bez vhodně zvoleného maziva by většinu technologických operací nebylo možné provést. Výběr a použití konkrétního maziva značně ovlivňuje životnost používaných nástrojů, jakost povrchu tvářeného materiálu a hodnotu velikosti potřebné tvářecí práce. Z toho vyplývají požadované vlastnosti, které by maziva měla mít. Tyto požadavky sice platí obecně, avšak v jednotlivých technologických operacích má každý požadavek určitou vyšší či nižší prioritu.

3.1 Požadované vlastnosti maziv [1, 4, 9, 10]

Základní požadovanou vlastností všech maziv je jejich mazací schopnost. Mazivo by tedy mělo být schopné vytvářet dostatečně únosnou mazací vrstvu, která má vhodné vnitřní tření a přilnavost k materiálu. Tímto mazivo snižuje tření a opotřebení jak nástroje, tak tvářeného materiálu.

Dále musí mazivo být chemicky a tepelně stálé a nesmí mít korozivní účinky na materiál. Mazivo taktéž nesmí vyvolávat barevné změny či vytvářet lepivé plochy na povrchu materiálu. Důležitými požadavky jsou rovněž fyziologická a ekologická nezávadnost a dobrá odstranitelnost z mazaného povrchu.

Dalším neméně důležitým požadavkem je udržitelnost funkce maziva. Maziva jsou v podstatě uhlovodíky, a tudíž podléhají reakcím s vodou či vlhkostí obsaženou ve vzduchu. Přísady (aditiva) obsažené v mazivu při používání taktéž podléhají degradaci. Důsledkem těchto jevů je nevyhnutelné zhoršení kvality a funkčních vlastností maziv, proto je nezbytné vhodně zvolit mazivo tak, aby tyto nežádoucí jevy byly co nejvíce omezeny.

3.1.1 Viskozita [4, 9, 10]

Zásadní vlastností všech maziv je viskozita. Viskozita stanovuje míru vnitřního tření, neboli míru odporu vzájemného posunu molekul, v kapalině. Viskozita je významný údaj, neboť ovlivňuje například únosnost mazacího filmu či tepelnou vodivost maziva.

Dle Newtonova zákona o tření pro pohyb kapaliny s laminárním tokem platí, že smykové napětí τ na rovině paralelní s laminárním tokem je přímo úměrné gradientu rychlosti, čili smykovému spádu $\frac{dv}{dy}$.

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy}$$

Přičemž τ smykové napětí jednotky plochy v rovině xz [$\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$];

v_x rychlost ve směru osy x [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$];

y vzdálenost od rovnoběžné roviny xz [m];

$\frac{dv}{dy}$ rychlostní gradient (smykový spád) [s^{-1}];

η dynamická viskozita [$\text{N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$]

Kapaliny, u nichž jde vyjádřit chování v laminárním toku tímto vztahem, označujeme jako kapaliny newtonovského typu, přičemž jejich viskozita závisí na rychlostním gradientu (tzv. smykovém spádu).

V oboru technologie tváření se častěji používá kinematická viskozita. Tato veličina se značí ν a její hodnota se určí výpočtem ze vzorce $\nu = \frac{\eta}{\rho}$, přičemž:

η dynamická viskozita [$\text{N}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$];

ρ hustota [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]

Hodnota kinematické viskozity je u maziva obvykle uváděna od výrobce. Její hodnota se mění s teplotou, přičemž platí, že se vzrůstající teplotou hodnota kinematické viskozity exponenciálně klesá.

3.1.2 Mazivost a mazací schopnost [4]

Pojmem mazivost se rozumí vlastnost, která posuzuje pevnost mezní mazací vrstvy, tato vlastnost je charakterizována vlastnostmi maziva při mezním tření. Mazivost je fyzikálně a chemicky ovlivňována interakcemi mezi mazivem a mazaným povrchem materiálu. Lze ji dále upravovat pomocí mastných látek, které zlepšují kluzné vlastnosti povrchu materiálu.

Pojem mazací schopnost značí schopnost maziva přilnout k mazanému povrchu a vytvořit na něm souvislou, dostatečně přilnavou mazací vrstvu s vhodnou tloušťkou a nízkým vnitřním třením. Mazací schopnost maziva závisí na jeho vlastnostech, především na viskozitě a mazivosti.

3.2 Rozdělení maziv [1, 10, 11, 12]

Vzhledem k různorodým požadavkům kladeným na vlastnosti maziv v závislosti na jejich použití, je na trhu dostupná řada odlišných maziv. Pro operace tváření se používají kapalná, plastická i tuhá maziva.

3.2.1 Kapalná maziva [10, 11, 12]

V současnosti se jedná o nejrozšířenější a také nejlépe dostupný typ maziv s velkou různorodostí a výhodou snadné manipulace. Dle jejich chemického složení lze tato maziva rozdělit na chemické sloučeniny, homogenní směsi a emulze typu olej ve vodě. Tyto typy maziv se vzájemně liší ve viskozitě a svými specifickými vlastnostmi.

Příkladem kapalného maziva mohou být vodné roztoky sodných a draselných mýdel, či pro technologii tažení významné mazací oleje.



Obr. 8 Příklad kapalného maziva - motorový olej pro automobily [24]

3.2.2 Pevná maziva [10, 11, 12]

Pevnými mazivy rozumíme látky mající nízkou tvrdost, nízkou pevnost ve smyku a vysokou afinitu ke kovům. Při použití pevných maziv dochází k fyzikálnímu oddělení třecích ploch. Plastická maziva nemají schopnost odvádět teplo, mají vyšší součinitel tření a jejich trvanlivost je menší.

Maziva tohoto typu lze s výhodou použít v případech, kdy je požadován mazací film s vysokou únosností a kdy není třeba klást zvláštní požadavky na odvádění tepla. Lze je také použít jako doplňková maziva spolu s kapalnými mazivy v případech, kdy je vyžadována zejména mazací funkce. Nejrozšířenější pevná maziva jsou grafit a sulfid molybdeničitý (MoS_2).

3.2.3 Plastická maziva [10, 11, 12, 13]

Plastická maziva, nazývaná též mazací tuky, jsou maziva o nízké viskozitě. Tato maziva se skládají z emulze mazacího oleje spolu se zahušťovadlem a aditivy, přičemž mazivo musí obsahovat takové množství zahušťovadla, aby byla dosažena gelová či emulzní struktura. Mazivo může obsahovat mezi 5 – 20 % zahušťovadla. Plastická maziva se při tváření využijí

v případech, kdy je vyžadována vysoká mazací schopnost, přičemž se používá měkkých, tažných maziv.

Oproti kapalným mazivům mají plastická maziva nevýhodu především ve špatné schopnosti odvádět teplo, zároveň však poskytují řadu výhod oproti kapalným mazivům. Plastická maziva tečou pouze vlivem síly, ve srovnání s kapalnými lépe přilnou k povrchu, mají lepší odolnost vůči vodě a dosahují menšího součinitele tření. Příznivou vlastností je též větší rozpětí provozních teplot a lepší ochrana proti nečistotám a prachu. To přináší řadu provozních výhod, jako je nízká spotřeba, nižší provozní a konstrukční náklady či snazší utěsnění.



Obr. 9 Příklad plastického maziva - mazivo pro kluzná ložiska [25]

3.2.4 Mazací oleje [11, 12]

Mazací oleje patří k nejrozšířenějším typům maziv, řadí se mezi kapalná maziva. Jejich složení je obvykle tvořeno z 95 % základním olejem a z 5 % aditiv. Olej, který tvoří hlavní složku tohoto typu maziva, musí vyhovovat všem základním požadavkům, jako jsou schopnost snižovat tření, odvádět teplo, chemická stálost, ekologická nezávadnost a podobně. Aditiva tyto vlastnosti pak dále upravují podle požadovaného technologického procesu.

Mazací oleje je možné rozdělit do tří skupin: biologické, minerální a syntetické; přičemž každá tato skupina má své specifické vlastnosti a tím i vhodnost použití.

- *Biologické oleje* nalézají svou oblast použití zejména ve farmaceutickém a potravinářském průmyslu, kde je nezbytně vyžadováno minimální riziko kontaminace, z ekologického hlediska jsou nezávadné. Podle původu je lze rozdělit na rostlinné (například palmový či řepkový olej) a živočišné (například tuky).
- *Minerální oleje* jsou z hlediska použití ve výrobě a strojním provozu nejrozšířenější typ mazacích olejů, používají se pro mazání za průměrně vysokých teplot. Jedná se o oleje ropného původu.
- *Syntetické oleje* se používají jako náhrada minerálních olejů v procesech, kde dochází ke ztrátě mazací schopnosti těchto olejů. Typicky se jedná o procesy, při

kterých se dosahuje vysokých teplot a tlaků. Z ekologického hlediska jsou tyto oleje závadné.

S přihlédnutím k zaměření práce bude v této kapitole věnována bližší pozornost olejům minerálním a syntetickým.

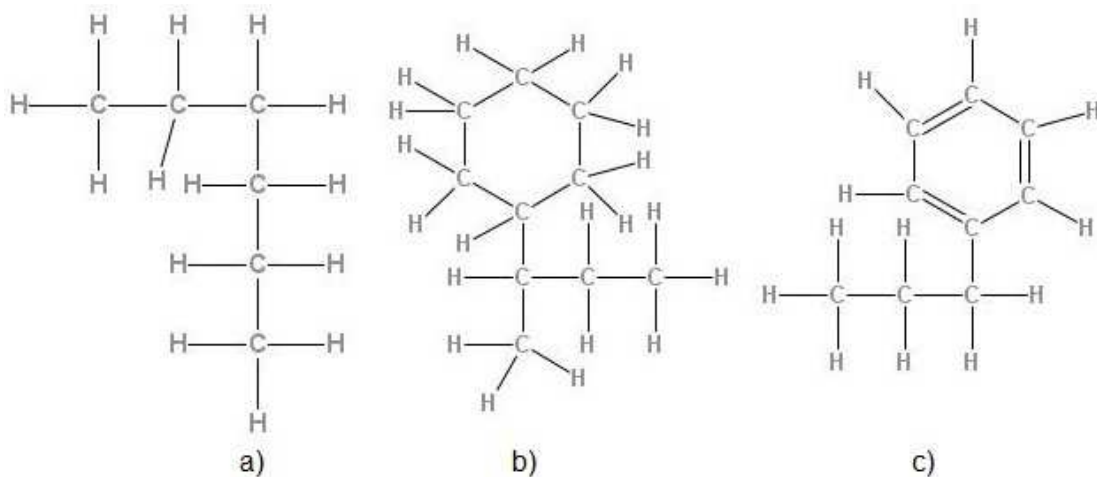
Minerální oleje

Minerální oleje jsou široce využitelné a patří proto k nejrozšířenějším druhům maziv ve strojírenství. Jejich snadná dostupnost a nízká cena jsou jejich hlavními výhodami pro používání v praxi.

Z hlediska chemického složení jsou minerální oleje směsi uhlovodíků. Vyrábějí se z ropy, a to její frakční destilací. Olej získaný frakční destilací je však pro získání požadovaných vlastností nezbytné upravit pomocí dalších procesů. K těmto úpravám se používá především rafinace, tedy několikanásobná destilace, během které jsou z oleje odstraňovány nežádoucí složky (jedná se například o sloučeniny síry, dusíku či aromatické uhlovodíky).

Z hlediska uhlovodíků, které tvoří hlavní složku minerálního oleje, lze minerální oleje rozdělit do tří hlavních skupin: parafínové, naftalenové a aromatické minerální oleje.

U parafínových olejů vytvářejí atomy uhlíku dlouhé řetězce (viz obrázek 10-a). Řetězce mohou být různým způsobem rozvětveny, avšak nejsou v nich obsaženy žádné cyklické struktury. Řetězce s obsahem alespoň jednoho jednoduchého cyklického uhlovodíku se řadí mezi naftalenové minerální oleje (viz obrázek 10-b). Naftalenové oleje potřebují menší počet rafinací, a tudíž se snáze vyrábějí. Aromatické minerální oleje jsou tvořeny řetězci s vyšším množstvím cyklických struktur, které mezi atomy uhlíku obsahují jednoduché i dvojné vazby (viz obrázek 10-c). Jejich výskyt je podstatně méně častý než výskyt parafínových a naftalenových minerálních olejů.



Obr. 10 Příklady řetězců minerálních olejů [11]

Nevýhodou minerálních olejů je jejich náchylnost k degradaci, a to zejména prostřednictvím oxidace uhlovodíky tvořených řetězců. Největší náchylnost k oxidaci je u aromatických minerálních olejů, naopak u olejů parafínových je tato náchylnost nejnižší. Jelikož vlivem oxidace dochází ke zhoršení vlastností maziva, je potřeba do maziv

přidávat antioxidanty. Ty podléhají reakci s kyslíkem obsaženým ve vzduchu a tím brání degradaci maziva.

Syntetické oleje

Syntetické oleje byly vyvinuty jako náhrada minerálních olejů, zejména za účelem použití v procesech, kde minerální oleje již nejsou schopny dostatečně dobře plnit požadovanou funkci. Jde například o mazání při vysokých teplotách (u minerálních olejů je jejich použití omezeno teplotou přibližně 150 °C), či o mazání v nevhodném nebo agresivním prostředí. Tyto oleje obnáší značné množství nevýhod: jsou hořlavé a ekologicky závadné, ve styku s určitými materiály (plasty, lehké kovy) vykazují agresivní chování a jejich cena je v porovnání s minerálními oleji vysoká.

Z chemického hlediska lze syntetické oleje rozdělit na velice početné množství skupin. Nejvýznamnější z těchto skupin jsou syntetické uhlovodíky, silikonové oleje a organohalogeny.

Syntetické uhlovodíky poskytují lepší mazací schopnost než minerální oleje. Mají nízký bod tuhnutí a nízkou závislost viskozity na teplotě, málo se odpařují a jsou chemicky stabilní i při teplotách nad 200 °C. Jsou mísitelné s vodou, čehož lze využít ke zvýšení jejich chladících schopností. Hlavní oblastí využití tohoto typu maziv je automobilový průmysl. Silikonové oleje jsou chemicky stabilní a jsou určeny k použití při vyšších teplotách. Tento typ maziv však vykazuje velmi špatné mazací schopnosti v oblasti mezního mazání, proto je jejich aplikace omezena na oblasti o nižším zatížení. Organohalogeny se vyrábějí z halogenidů fluoru a chloru reakcí s metanem. Tato maziva se vyznačují velkou odolností vůči oxidaci a neobyčejnou tepelnou stabilitou. Vzhledem k jejich vysoké ceně se používají jako maziva do extrémních podmínek a v oblastech použití s výskytem silně reaktivních chemikálií. Při manipulaci s tímto typem maziv je nezbytné zabránit kontaktu s ohněm, protože při hoření se z nich uvolňují značně toxické výpary.

4 Přehled vybraných maziv dostupných na trhu [8, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22]

GLEIT-μ HP 515

Jedná se o bílou pastu pro operace tváření za studena. Výrobce je rakouská firma Wessely GmbH, která se specializuje na výrobu maziv pro speciální účely.

GLEIT-μ HP 515 je světle zbarvená homogenní pasta s dobrou roztíratelností a velkým podílem spolupůsobících bílých tuhých maziv, její základ tvoří minerální olej. Mazivo disponuje vysokou tlakovou odolností a dobrou oddělovací schopností, díky čemuž podává kvalitní výsledky při použití v procesech tváření za studena. Jako další vlastnosti výrobce uvádí konstantní nízké hodnoty tření, dobrou ochranu proti korozi a vysokou voděodolnost a vysoký mazací účinek. Díky vysokému mazacímu účinku mazivo snižuje opotřebení nástroje a zabraňuje vzniku návarků.

Toto mazivo je vhodné pro použití při operacích tváření za studena, a to i v případě extrémních požadavků, jako například při tváření velmi silných plechů. Jako možné okruhy použití výrobce uvádí tažení, ohýbání, vysekávání a tváření profilů. Výrobce upozorňuje, že u výrobků vyžadujících následné povrchové úpravy lakováním či galvanováním, je nezbytné mazivo pečlivě odstranit, což lze dle výrobce provést všemi dostupnými prostředky pro odmašťování.

Při použití lze mazivo GLEIT-μ HP 515 nanášet běžnými způsoby, a to jak automaticky, tak ručně. Výrobce udává, že mazivo má být používáno neředěné, ve stavu dodání a nesmí se mísit s mazivy na jiném základě. Výrobce udává, že mazivo je vhodné k použití s různými materiály, jako austenitická a feritická ocel, hliník, měď, zinek a slitiny těchto neželezných kovů. Rozsah teplot pro použití maziva udávaný výrobcem je od -25 do 110 °C.

GLEIT-μ TZ 315M

Jedná se o mazivo na bázi živočišných a rostlinných tuků určené pro operace hlubokého tažení. Mazivo má vzhled homogenní pasty světlé barvy a je ředitelné vodou.

Toto mazivo je určeno zejména pro tváření ušlechtilých ocelí a hliníku. Mazivo je schopné snášet nejtěžší tvářecí operace a je určeno pro výrobní procesy tváření, při kterých jsou požadovány konstantní mazací vlastnosti. Jako hlavní oblasti použití uvádí výrobce zejména technologii tažení, jako je výroba skříní travních sekaček, kuchyňských dřezů, koupelnových van či dveří chladniček, dále také lisování, ražení, stříhání či ohýbání.

Jelikož základ maziva tvoří živočišné a rostlinné tuky a mazivo neobsahuje žádné minerální oleje, jeho značnou výhodou je rychlá biologická odbouratelnost. Díky svému složení je toto mazivo také snášenlivé k pokožce a nezpůsobuje podráždění dýchacích cest. Zároveň však toto mazivo neobsahuje žádné konzervační prostředky a prostředky zamezující tvorbě plísní, proto je nezbytné dbát na čistotu jak při práci, tak při skladování. Jako další výhody výrobce uvádí snadnou odstranitelnost zbytků maziva z povrchu a také ekonomickou výhodnost, jelikož mazivo lze ředit vodou.

Při použití se GLEIT-μ TZ 315M ředí vodou v poměru 1:2 až 1:3. Ředění se provádí tím způsobem, že jeden díl maziva se nejprve pečlivě rozmíchá v jednom dílu vody a následně se

při stálém míchání přidají zbývající díly vody. Mazivo lze nanášet běžnými ručními i automatickými způsoby, v případě nižšího zředění jej lze nanášet máčením plechů. Mazivo by se nemělo mísit s mazivem na jiné bázi. Z tvářeného materiálu lze mazivo odstranit hned po technologické operaci běžnými čisticími prostředky. Výrobce dále uvádí, že vyrobené díly lze za normálních podmínek nadále skladovat, aniž by hrozila jejich koroze, avšak zaschlé zbytky maziva je v tomto případě nezbytné odstranit použitím rozpouštědel.

GLEIT-μ TZ 316

Jedná se o homogenní, tekutou emulzi světlé barvy pro operace hlubokého tažení. Mazivo je vodou ředitelné, na syntetickém základu a neobsahuje minerální oleje.

Jako hlavní vlastnosti maziva výrobce uvádí velmi dobrou tlakovou odolnost a separační účinky při tváření za studena a také výbornou schopnost odvádět teplo vznikající při tváření. Jako oblast použití maziva je udáváno tažení ocelí (i ušlechtilých) a hliníku, avšak k použití s barevnými kovy je mazivo vhodné jen omezeně. Výrobce také uvádí, že mazivo vykazuje výborné mazací schopnosti při tváření plechů a je vhodné pro tváření karoserií, krytů, skříní a nádob.

Mazivo neobsahuje žádné minerální oleje, díky čemuž je dobře biologicky odbouratelné, nemá dráždivé účinky na dýchací cesty a je snášenlivé ve styku s pokožkou. Dle výrobce lze mazivo dobře odstranit z povrchu tvářených dílů a také poskytuje dobrou ochranu proti korozi při meziskladování.

Výrobce udává, že mazivo má být používáno ve stavu dodání. Díky tekuté konzistenci lze mazivo snadno aplikovat ručně například pomocí štětce, či pomocí automatických stříkacích zařízení. Mazivo by se nemělo mísit s mazivem na jiné bázi a při skladování by mělo být dobře chráněno před mrazem. Odstranění zbytků maziva lze dle výrobce provést běžnými průmyslovými způsoby.

GLEIT-μ TZ 317

Jedná se o plně syntetický, vodou neředitelný olej pro technologii tažení. Jako hlavní oblast použití výrobce uvádí tváření plechů. Výrobce dále udává, že se jedná o mazivo speciálně určené k výrobě dílů karoserií technologií tažení. Vedle tváření železných kovů je mazivo vhodné také pro tváření hliníku, barevných kovů, alpaky a pozinkovaných plechů, jakož i k tažení hliníkových drátů.

Výrobce uvádí, že mazivo vykazuje výborné mazací schopnosti při tváření plechů tažením a jeho zbytky lze z povrchu výrobku snadno odstranit. Na vyrobených dílech, které po tažení procházejí tepelným zpracováním, mazivo nezanechává zbytky, a tudíž umožňuje díly svařovat bez nutnosti odmaštění. Mazivo má být používáno ve stavu dodání, nanášet jej lze běžnými způsoby ručně či automaticky. Výrobce dále upozorňuje, že se mazivo nemá mísit s mazivem na jiném základě a má být skladováno při teplotě 20 °C. Zbytky maziva lze po technologické operaci odstranit použitím vodou ředitelných alkalických čisticích prostředků.

TIGROL STANZOEL 90

Společnost TIGROL je mezinárodní sdružení evropských výrobců syntetických olejů, vyrábějící motorové oleje a průmyslová maziva. Hlavní sídlo společnosti se nachází v Německu.

STANZOEL 90 je speciální vysoce výkonné, vodou neředitelné mazivo s chladicími schopnostmi. Jeho složení tvoří základový ropný olej spolu s aditivy, mazivo obsahuje sloučeniny chloru. Mazivo je určeno pro operace přesného lisování.

Výrobce udává, že mazivo je určeno pro nejobtížnější operace tváření za studena a dodává, že mazivo se zvláště osvědčuje v operacích přesného lisování ocelí o maximální tloušťce až 12 mm. Výrobce dodává, že mazivo je možné použít i pro přesné lisování a hluboké tažení pásů za studena o maximální tloušťce 4 mm. Mazivo nemá korozivní účinky na barevné kovy, poskytuje účinnou antikorozi ochranu a zvyšuje životnost nástrojů.

Výrobce dále udává, že bod tuhnutí maziva je -12 °C a bod vzplanutí 250 °C. Hodnota viskozity uváděná výrobcem je 87 mm²/s při 40 °C a 10,8 mm²/s při 100 °C.

TIGROL UMFORMOEL 80 M

Jedná se o vodou neředitelnou kapalinu na základě ropného oleje, bez sloučenin chloru, avšak s obsahem sloučenin síry a fosforu. Mazivo je určeno především pro použití při tváření ocelí, a to konstrukčních, legovaných i vysoce legovaných.

Výrobce uvádí, že mazivo je v první řadě určeno pro operace ohýbání ocelových plechů o tloušťce až 4 mm a tažení plechů o tloušťce až 3 mm, a to až v 10 stupních tažení. Dále výrobce udává, že mazivo lze použít pro výrobu polotovarů vysekáváním z nelegované či legované oceli do maximální tloušťky plechu 3 mm, jakož i pro hluboké tažení polotovarů při výrobě řetězů při maximální tloušťce plechu 7 mm. Výrobce upozorňuje, že vlivem aktivních sloučenin síry a fosforu obsažených v mazivu způsobuje mazivo barevné změny u dílů z mědi a jejích slitin. Ocelovým dílům mazivo poskytuje ochranu vůči korozi.

Výrobce udává jako bod tuhnutí a bod vzplanutí maziva -22 °C, respektive 148 °C. Hodnoty viskozity jsou uváděny jako 80 mm²/s při 40 °C a 9,3 mm²/s při 100 °C.

TIGROL ZIEHOEL 2002

Jedná se o syntetickou odpařitelnou kapalinu, určenou pro operace tváření a obrábění. Základ maziva tvoří rychle odpařitelný syntetický olej o nízké viskozitě. Mazivo je plně syntetické, bez obsahu halogenů.

Výrobce toto mazivo doporučuje pro tažení hliníkových plechů a vedle toho také pro řezání hliníkových tyčí a profilů. Vhodné mazací vlastnosti maziva jsou dle výrobce docíleny zvláště vybranými přísadami; výrobce uvádí, že výkonnost maziva lze zvýšit přidáním aditiva, o jaká aditiva se jedná, však výrobce neuvádí. Výrobce dále udává, že toto mazivo disponuje přijatelnou rychlostí odpařování bez nepříjemného zápachu. Po odpaření maziva není nezbytné povrch vyrobené součásti odmašťovat. Mazivo lze nanášet ručně pomocí štětce, namáčením mazaných dílů či postříkem.

Výrobce uvedená viskozita je 1,5 mm²/s při 40 °C, bod vzplanutí 70 °C a bod tuhnutí -30 °C.

TIGROL ZIEHOEL 4286

Plně syntetická odpařitelná kapalina bez obsahu halogenů, určená pro operace tváření a obrábění. ZIEHOEL 4286 je podobně jako výše popisovaný ZIEHOEL 2002 tvořen syntetickým olejem s rychlou odpařitelností spolu s aditivou pro zajištění vhodných mazacích vlastností.

Toto mazivo je výrobcem doporučováno pro hluboké tažení pocínovaných plechů, též pro řezání tyčí a profilů z hliníku. Výrobce zmiňuje, že typické použití tohoto maziva je při operacích lisování, profilování a ražení. Stejně jako u maziva ZIEHOEL 2002, i u tohoto maziva výrobce uvádí jako výhodu přijatelnou rychlost odpařování bez nutnosti mazané povrchy dále odmašťovat, a absenci nepříjemného zápachu. ZIEHOEL 4286 je oproti svému příbuznému produktu vhodný i pro použití spolu s materiály, které následně přijdou do styku s potravinami. Nanášení maziva je možné opět ručně, namáčením dílů či postřikem.

Parametry udávané výrobcem jsou následující: viskozita 1,8 mm²/s při 40 °C; bod vzplanutí 70 °C a bod tuhnutí -30 °C.

TIGROL ZIEHOEL 5166

Jedná se o mazací kapalinu s aditivou, jejíž základ tvoří vysoce rafinovaný, dearomatizovaný minerální olej. Mazivo je bez obsahu jakýchkoliv halogenů a aromátů.

Výrobce doporučuje toto mazivo pro operace tváření a obrábění lakovaných a pocínovaných plechů, oceli, hliníku a mědi. Mazivo je doporučováno pro použití při technologiích lisování, ražení, profilování či válcování. Podobně jako výše popisované příbuzné produkty ZIEHOEL, je i toto mazivo dobře odpařitelné, nezanechává mastný povrch a nezpůsobuje nepříjemný zápach. ZIEHOEL 5166 je vhodný k použití i u materiálů přicházejících do styku s potravinami. Mazivo je možné nanášet ručně, postřikem a namáčením dílů.

Výrobce uvádí následující parametry: viskozita 1,9 mm²/s; bod vzplanutí 82 °C a bod tuhnutí -30 °C.

Maziva pro tváření plechů firmy BECHEM

Společnost Carl Bechem GmbH, založená roku 1834 německým podnikatelem Carlem Bechemem ve městě Hagen, se od svého vzniku zabývá výrobou maziv pro rozličné aplikace. Mezi její výrobky se řadí i maziva bez obsahu chloru, pod obchodní značkou Beruform, určená pro tváření plechů. Jelikož množství dostupných produktů je značné, je v práci dále uvedeno jen jejich rozdělení dle typové řady, do které jsou zařazeny výrobcem. Vlastnosti a parametry konkrétních produktů se liší v závislosti na tom, pro které technologické operace a materiály jsou určeny.

- *Maziva řady Beruform STO:* Jedná se o vodou nemísitelné oleje bez obsahu chloru, určené především k operacím hlubokého tažení a ražení. Řada STO zahrnuje jak oleje pro jednoduché operace tažení, tak vysokovýkonné mazací oleje pro tváření plechů z nerezové oceli. Většina maziv této řady je určena výhradně

pro tváření ocelových materiálů, výjimku tvoří olej STO 533, který je možné použít při tváření hliníkových plechů, není však vhodný pro tváření nerezové oceli. Aplikace maziv této řady jsou různorodé, zahrnují operace jednoduchého a složitějšího tažení, ražení, přesného stříhání i ohýbání.

- *Maziva řady Beruform MF:* Tato řada zahrnuje multifunkční oleje vhodné pro technologie hlubokého tažení, ražení a ohýbání. Díky své víceúčelovosti jsou vhodné k použití jak pro ocel, tak pro hliník a neželezné kovy; výrobce však jejich použití vesměs nedoporučuje pro tváření nerezové oceli, s výjimkou olejů MF 465 a MF 765.
- *Maziva řady Beruform VSM:* Jedná se o řadu olejů s dobrou odpařitelností a nízkou viskozitou. Výrobce doporučuje jejich použití pro jednodušší tvářecí operace zahrnující materiály o malé tloušťce. Díky své dobré odpařitelnosti nezanechávají stopy na povrchu tvářených dílů, které tudíž není nutné před dalším zpracováním odmašťovat, díky čemuž se snižují výrobní náklady. Řada VSM zahrnuje oleje vhodné k použití jak pro oceli, tak pro hliník a neželezné kovy, jako technologickou aplikaci však výrobce doporučuje výhradně operace ražení a ohýbání, a to bez výjimky. Olej VSM 9 je výrobcem označován jako snadno biologicky rozložitelný.
- *Maziva řady Beruform STE:* Jde o vodou ředitelné mazací oleje, které jsou určeny k aplikaci v podobě emulze. Jejich výhodou je snadná odstranitelnost, dle údajů výrobce je lze z mazaného povrchu smýt teplou vodou. Maziva této řady lze použít pro operace hlubokého tažení, ražení a ohýbání a jsou vhodná pro hliník, neželezné kovy a oceli s výjimkou korozivzdorných.
- *Maziva řady Beruform STP:* Jedná se o plastická maziva (pasty) určená pro použití v náročných operacích tváření, kde mazací oleje již nejsou dostačující. Výrobce udává, že tyto pasty jsou vodou ředitelné a lze je z mazaného povrchu odstranit pomocí teplé vody. Výrobce uvádí, že všechna maziva této řady jsou vhodná pro operace s vysokým zatížením. Řada STP obsahuje maziva použitelná pro všechny materiály (oceli, hliník i neželezné kovy), jako oblast použití však výrobce doporučuje výhradně technologie hlubokého tažení a ohýbání. Mazivo STP 152 DL je vedle toho vhodné také pro operace ražení a pro použití v kombinaci s mazivy řady STO.

5 ZÁVĚRY

V práci je přiblížena problematika tření a vytvořen přehled druhů maziv a jejich požadovaných vlastností. Práce má rešeršní charakter, při zpracovávání byla využita odborná literatura. K vytvoření přehledu maziv od vybraných výrobců byly využity dostupné průmyslové katalogy a technické listy; maziva uváděná v přehledu byla vybrána s ohledem na jejich vhodnost pro použití při operacích tváření plechů.

Byly popsány druhy tření z hlediska přítomnosti mazacího média mezi styčnými plochami těles. Dále byly popsány požadované vlastnosti maziv a uvedeno jejich rozdělení z hlediska konsistence. Zvláštní pozornost byla věnována mazacím olejům jakožto nejrozšířenějšímu typu maziv.

Pro vytvoření přehledu maziv pro tváření plechů byla vybrána a popsána maziva od tří různých výrobců. Maziva byla vybírána podle jejich okruhu použití, udávaného výrobcem, tak, aby se jednalo o maziva doporučená k použití při tváření plechů. Tato maziva jsou svými aplikacemi do jisté míry univerzální, jelikož jsou výrobci doporučována pro různorodé operace tváření plechů. Dá se předpokládat, že mazivo doporučené pro těžší tvářecí operace bude v případě použití při lehčích operacích pracovat s jistou výkonnostní rezervou. Tuto skutečnost je při volbě maziva pro požadovanou operaci třeba zohlednit, jelikož použití nákladného vysokovýkonného maziva při nenáročných operacích může způsobit zbytečné navýšení výrobních nákladů.

Dále je také třeba dbát na kompatibilitu maziva a tvářeného materiálu, neboť u některých maziv může zejména v kontaktu s neželeznými kovy docházet k chemické interakci a tím k poškození povrchu tvářeného dílu. Informace o tom, pro jaké materiály je dané mazivo vhodné, je zpravidla udávána výrobcem.

V neposlední řadě je důležitým faktorem také šetrnost maziva k životnímu prostředí, čehož výrobci dosahují například výrobou maziv na přírodním základě, výrobou maziv bez obsahu chloru či bez obsahu minerálních olejů, které z hlediska biologické odbouratelnosti představují značnou zátěž.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- 1 DVOŘÁK, Milan, František GAJDOŠ a Karel NOVOTNÝ. *Technologie tváření. Plošné a objemové tváření*. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. 169 s. ISBN 978-80-214-4747-9.
- 2 BAČA, Jozef, Jozef BÍLIK a Viktor TITTEL. *Technológia tvárnenia*. Bratislava: Edícia vysokoškolských učebníc, 2010. 245 s. ISBN 978-80-227-3242-0.
- 3 DVOŘÁK, Milan a kolektiv. *Technologie II*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004, 238 s. ISBN 80-214-2683-7.
- 4 HADAČOVÁ, Iva. *Sledování úbytku množství maziva na povrchu plechu v závislosti na teplotě a čase*. Liberec, 2007. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní.
- 5 VYMAZAL, Aleš. *Technologie tváření tenkých plechů tažením*. Brno, 2009. Bakalářská práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Milan Dvořák.
- 6 KAMENÍK, Tomáš. *Technologie ohýbání ocelového profilu*. Brno, 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Milan Dvořák.
- 7 Technologie plošného tváření - ohýbání. *Katedra tváření kovů a plastů - Skripta* [online]. [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07.htm
- 8 *BECHEM Special Lubricants for the Sheet Forming Industry*. Hagen, 2014.
- 9 ČVANDA, Petr. *Úloha maziva v technologii tváření*. Brno, 2008. Bakalářská práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Eva Šmehlíková.
- 10 TOLLRIAN, Zdeněk. *Maziva využívaná v technologii tváření*. Brno, 2010. Bakalářská práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Miroslav Šlais.
- 11 DOLEŽAL, Jan. *Maziva vhodná pro tažení nerezavějící oceli*. Brno, 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Zdeněk Lidmila.
- 12 MŮCK, Jonáš. *Maziva vhodná pro tažení nerezavějící oceli*. Brno, 2015. Diplomová práce. Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Zdeněk Lidmila.
- 13 Plastická maziva a jejich použití v obráběcích strojích. *Nejčtenější strojírenský časopis - MM spektrum* [online]. 2005 [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/plasticka-maziva-a-jejich-pouziti-v-obrabecich-strojich.html>
- 14 *GLEIT-μ HP 515*. Praha, 2009.
- 15 *GLEIT-μ TZ 315M*. Praha, 2017.

- 16 *GLEIT- μ TZ 316*. Praha, 2017.
- 17 *GLEIT- μ TZ 317*. Praha, 2017.
- 18 *Technický list TIGROL STANZOEL 90*. Zlosyň, 2014.
- 19 *Technický list TIGROL UMFORMOEL 80 M*. Zlosyň, 2014.
- 20 *Technický list TIGROL ZIEHOEL 2002*. Zlosyň, 2014.
- 21 *Technický list TIGROL ZIEHOEL 4286*. Zlosyň, 2014.
- 22 *Technický list TIGROL ZIEHOEL 5166*. Zlosyň, 2015.
- 23 Technologické způsoby výroby dutých těles. *Katedra tváření kovů a plastů - Skripta* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/10.htm
- 24 Quartz 9000 5W_40: TOTAL lubricants catalogue. *TOTAL Lubrifiants* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: <http://catalog.lubricants.total.com/en/products/714/QUARTZ-9000-5W-40>
- 25 Plastické mazivo pro valivá ložiska. In: *Potřebujete namazat ložisko, převodovku, či jiný strojní díl?* [online]. [cit. 2018-05-16]. Dostupné z: https://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/007_2014_94_1403202454/kluber_mazani_obr_01.jpg

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
F_n	Síla kolmá na kluznou plochu	[N]
F_t	Třecí síla	[N]
h_m'	Tloušťka mazací vrstvy	[mm]
p	Střední měrný tlak	[MPa]
S_m	Styčná plocha třecích povrchů	[m ²]
S_n	Průmět kluzné plochy	[mm ²]
v	Rychlost pohybu třecích povrchů	[m·s ⁻¹]
v_x	Rychlost ve směru osy x	[m·s ⁻¹]
dv/dy	Rychlostní gradient	[s ⁻¹]
η	Dynamická viskozita	[N·s·m ⁻²]
μ_k	Součinitel kapalinového tření	[-]
ν	Kinematická viskozita	[mm ² ·s ⁻¹]
ρ	Hustota	[kg·m ⁻³]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Schéma tažení plechu s přidržovačem [2]	11
Obr. 2 Schéma ohybu do tvaru U a V [7]	12
Obr. 3 Princip kovotlačení [23]	13
Obr. 4 Princip suchého tření mezi pevnými tělesy [12]	14
Obr. 5 Princip kapalinového tření [12]	15
Obr. 6 Princip mezního tření [11]	15
Obr. 7 Striebeckův diagram [10]	16
Obr. 8 Příklad kapalného maziva - motorový olej pro automobily [24].....	19
Obr. 9 Příklad plastického maziva - mazivo pro kluzná ložiska [25].....	20
Obr. 10 Příklady řetězců minerálních olejů [11]	21